特别说明

此资料来自百度文库（http://wenku.baidu.com/）

您目前所看到的文档是使用的**抱米花百度文库下载器**所生成

此文档原地址来自

http://wenku.baidu.com/view/4e29c509bb68a98271fefadc.html

感谢您的支持

抱米花

http://blog.sina.com.cn/lotusbaob

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

ANSYS FLUENT 培训教材

第一节：CFD简介

安世亚太科技（北京）有限公司

A Pera Global Company © PERA China

什么是 CFD?

■CFD是计算流体动力学（Computational fluid dynamics）的缩写，是预测流体流动、传热传质、化学反应及其他相关物理现象的一门学科。CFD一般要通过数值方法求解以下的控制方程组

- 质量守恒方程
- 动量守恒方程
- 能量守恒方程
- 组分守恒方程
- 体积力
- 等等

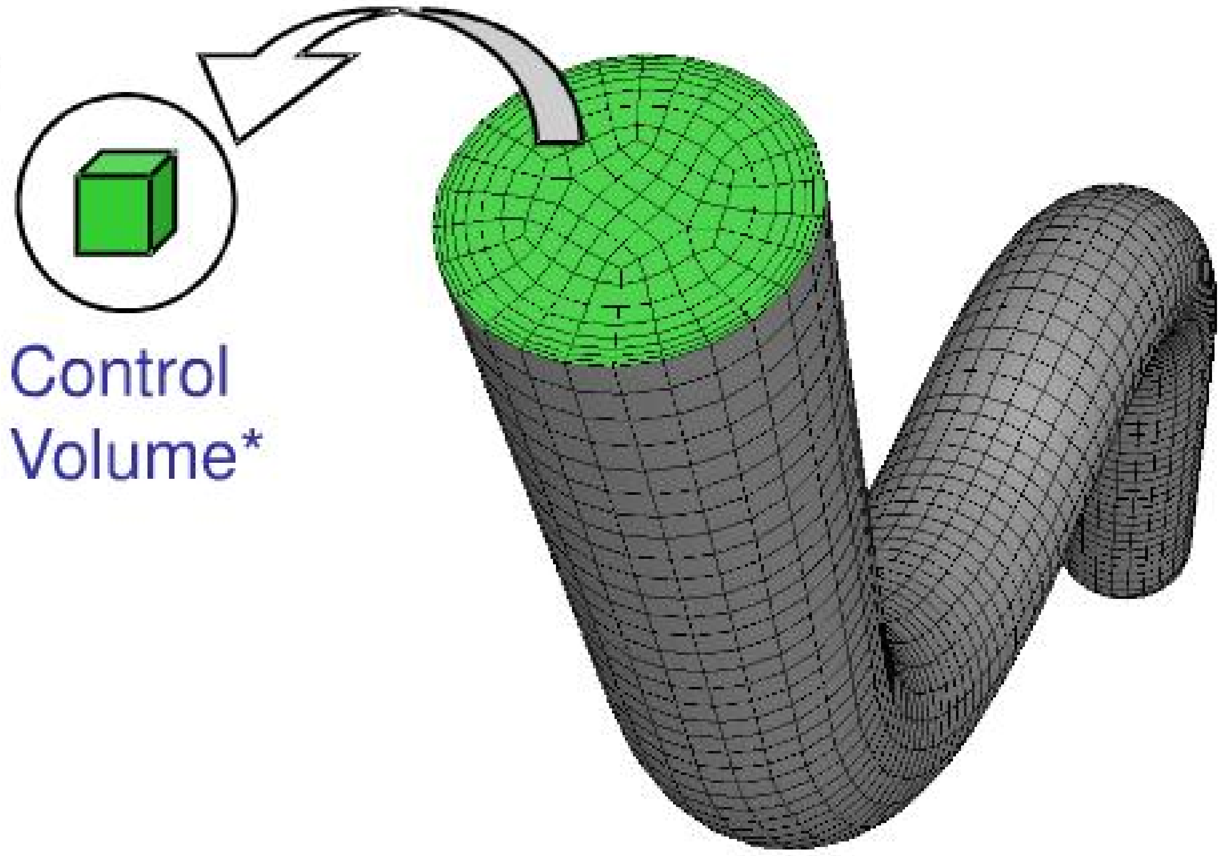
■CFD 分析一般应用在以下阶段:

- 概念设计
- 产品的详细设计
- 发现问题
- 改进设计

■CFD分析是物理试验的补充，但更节省费用和人力。

CFD如何工作?

- ANSYS CFD 求解器是基于有限体积法的
  - 计算域离散化为一系列控制体积
  - 在这些控制体上求解质量、动量、能量、组分等的通用守恒方程



Fluid region of pipe flow is discretized into a finite set of control volumes.

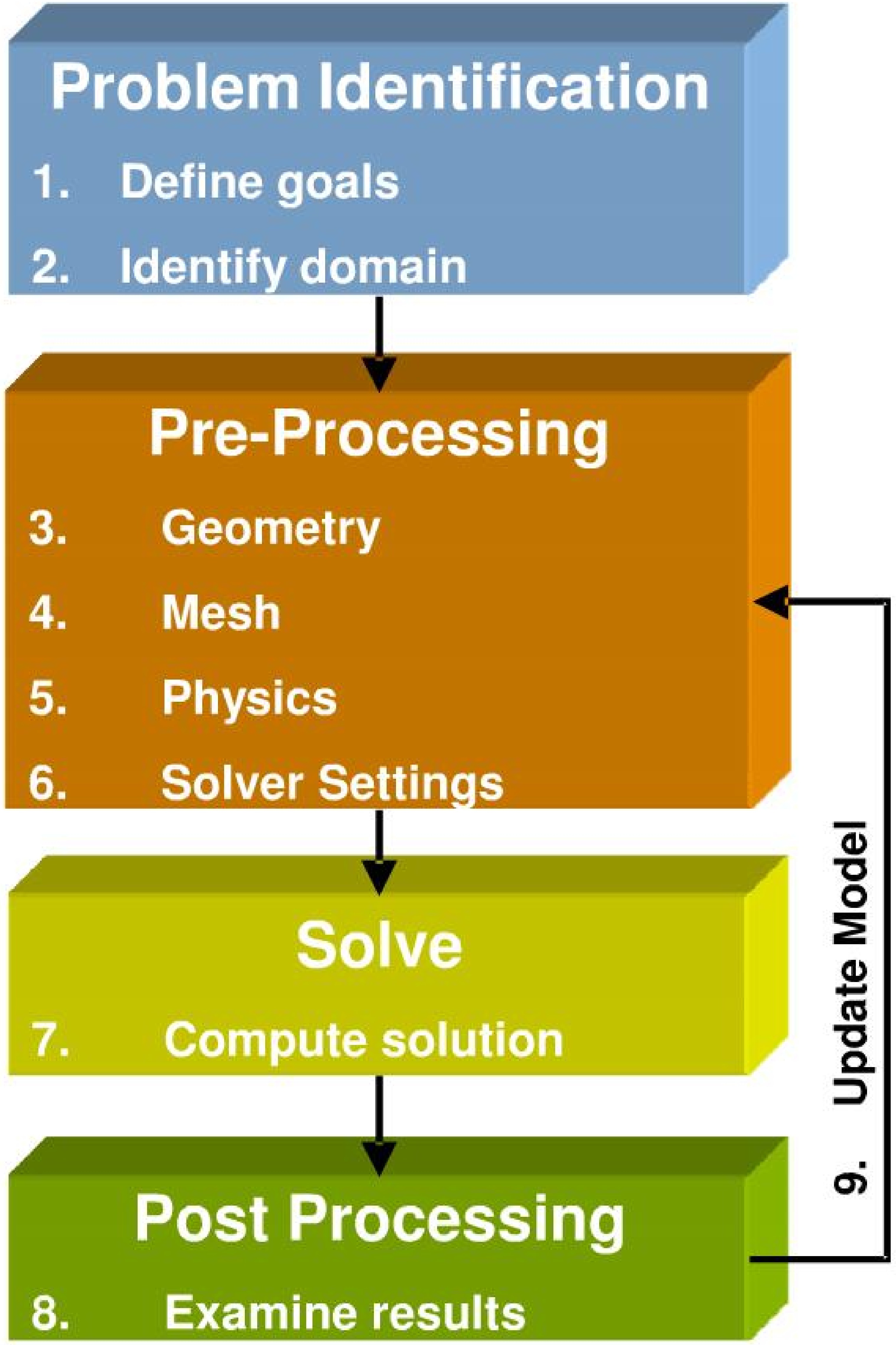
$$\underbrace{\frac{\partial}{\partial t}\int_V \rho\phi \, dV}_{\text{Unsteady}} + \underbrace{\oint_A \rho\phi \mathbf{V}\cdot d\mathbf{A}}_{\text{Convection}} = \underbrace{\oint_A \Gamma_\phi \nabla\phi \cdot d\mathbf{A}}_{\text{Diffusion}} + \underbrace{\int_V S_\phi \, dV}_{\text{Generation}}$$

Equation	Variable
Continuity	1
X momentum	*u*
Y momentum	*v*
Z momentum	*w*
Energy	*h*

  - 偏微分方程组离散化为代数方程组
  - 用数值方法求解代数方程组以获取流场解

* FLUENT control volumes are cell-centered (i.e. they correspond directly with the mesh) while CFX control volumes are node-centered

CFD 模拟概览



■问题定义

1. 确定模拟的目的
2. 确定计算域

■前处理和求解过程

3. 创建代表计算域的几何实体
4. 设计并划分网格
5. 设置物理问题（物理模型、材料属性、域属性、边界条件 ...）
6. 定义求解器 （数值格式、收敛控制 ...）
7. 求解并监控

■后处理过程

8. 查看计算结果
9. 修订模型

A Pera Global Company © PERA China

1. 定义模拟目的

Problem Identification

1. *Define goals*
2. **Identify domain**

- 你希望得到什么样的结果（例如，压降，流量），你如何使用这些结果?
  - 你的模拟有哪些选择?
    - 你的分析应该包括哪些物理模型（例如，湍流，压缩性，辐射）?
    - 你需要做哪些假设和简化?
    - 你能做哪些假设和简化（如对称、周期性）?
    - 你需要自己定义模型吗?
      - FLUENT使用UDF，CFX使用 User FORTRAN
- 计算精度要求到什么级别?
- 你希望多久能拿到结果?
- CFD是否是合适的工具?

2. 确定计算域

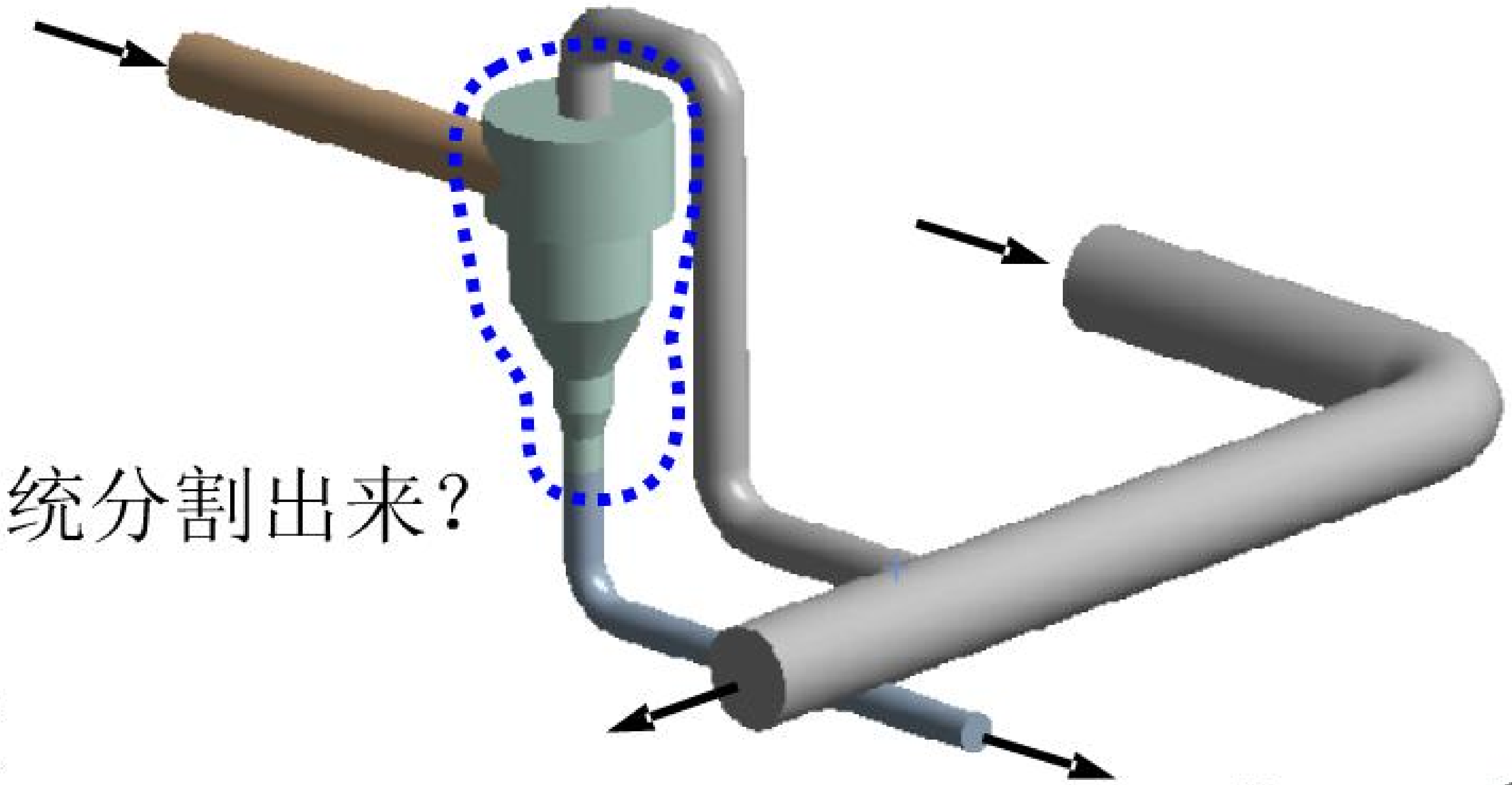
Problem Identification

1. *Define goals*
2. Identify domain

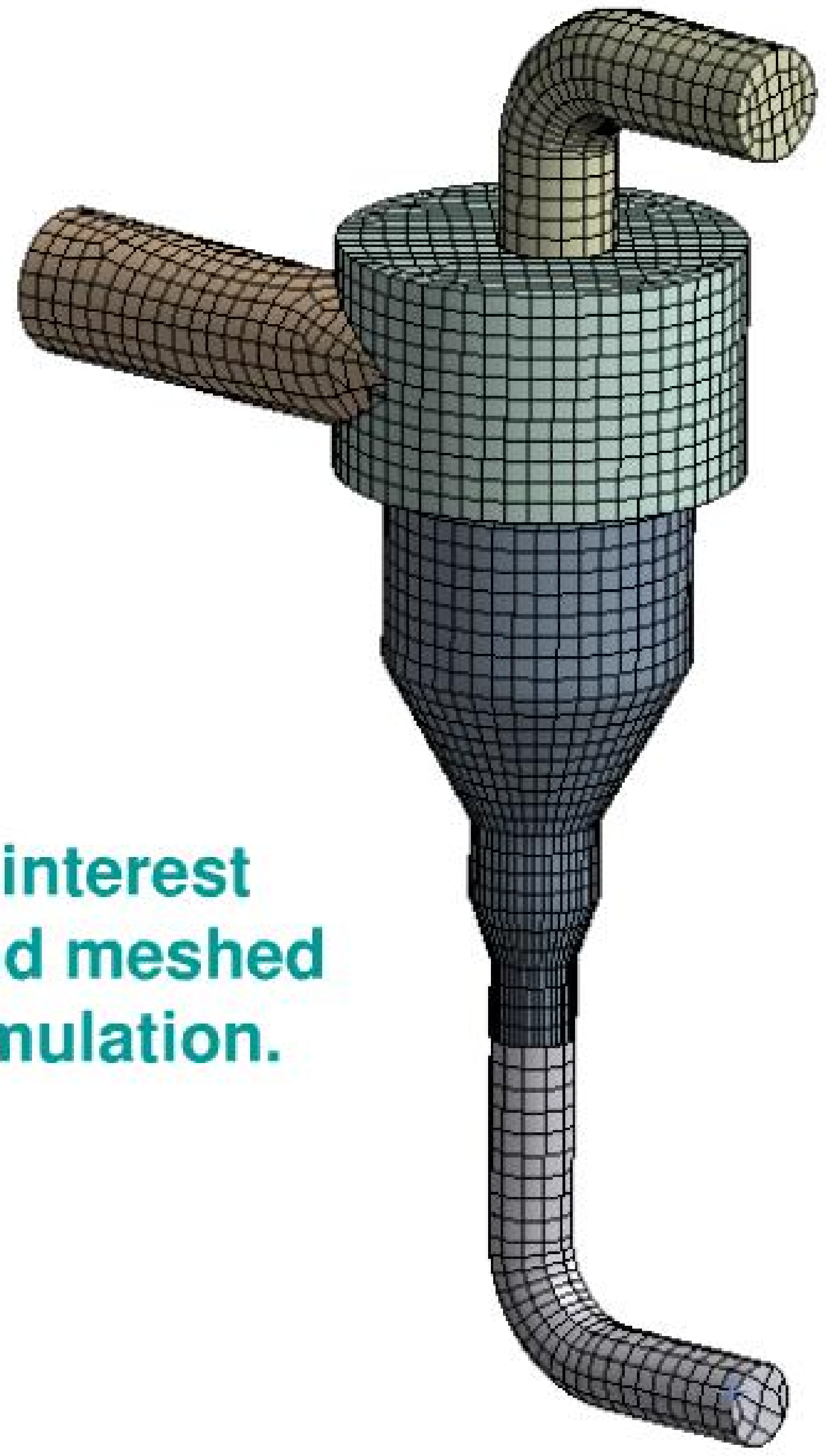
■如何把一个完成的物理系统分割出来？

■计算域的起始和结束位置
- 在这些位置你能获得边界条件吗？
- 这些边界条件类型合适吗？
- 你能把边界延伸到有合适数据的位置吗？

■能简化为二维或者轴对称问题吗？



Domain of Interest as Part of a Larger System (not modeled)



Domain of interest isolated and meshed for CFD simulation.

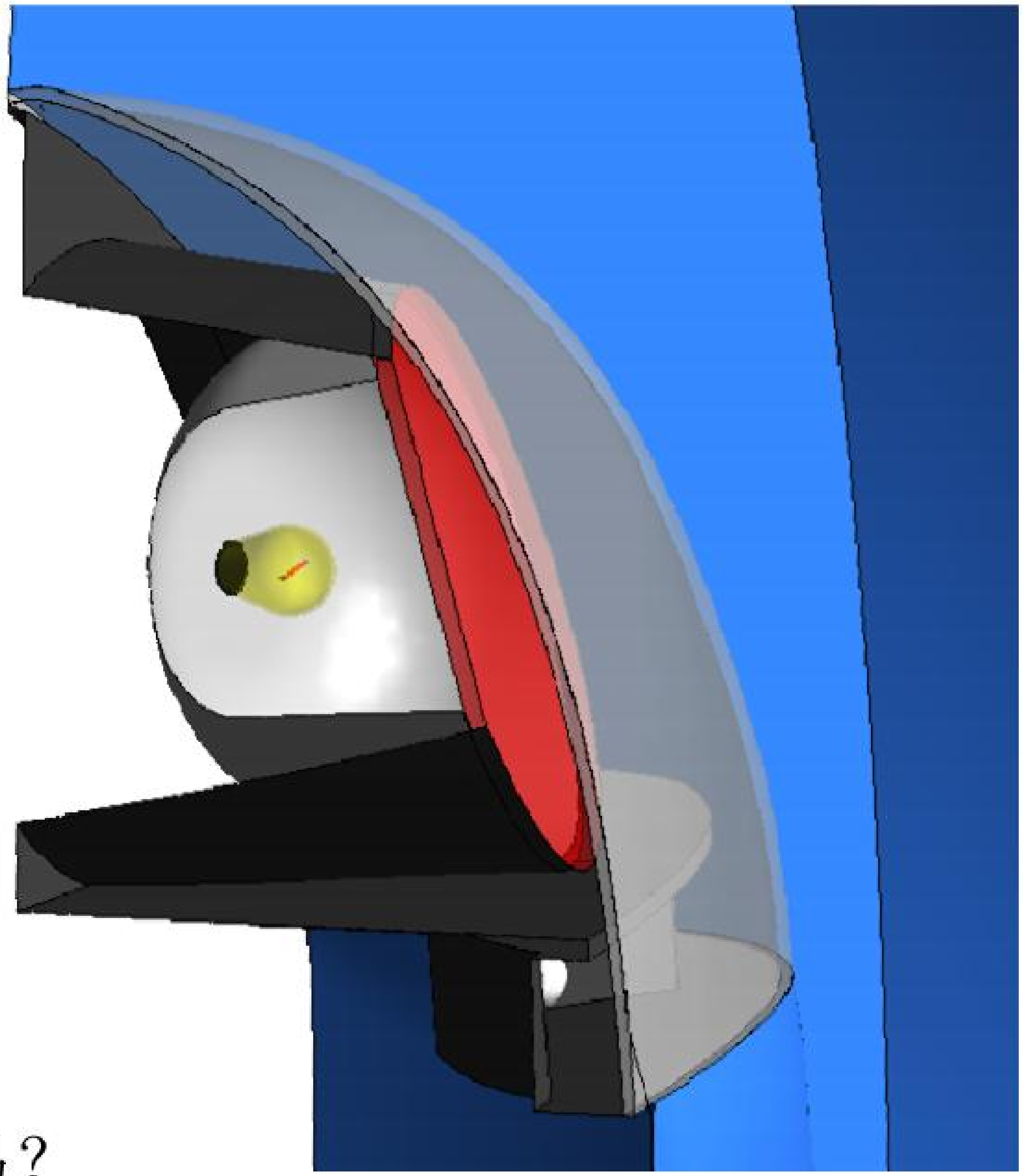
3. 创建几何模型

Pre-Processing

3. Geometry

4. Mesh
5. Physics
6. Solver Settings

- 你如何得到流体域的几何模型？
  - 使用现有的CAD模型
    - 从固体域中抽取出流体域？
  - 直接创建流体几何模型
- 你能简化几何吗？
  - 去除可能引起复杂网格的不必要特征（倒角、焊点等）
  - 使用对称或周期性？
    - 流场和边界条件是否都是对称或周期性的？
- 你需要切分模型以获得边界条件或者创建域吗？

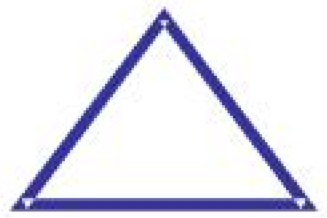


Solid model of a Headlight Assembly

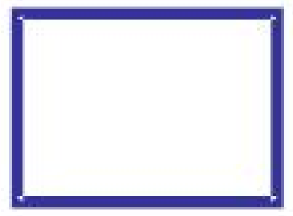
4. 设计和划分网格

Pre-Processing

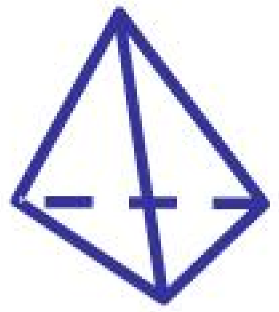
3. Geometry
4. *Meshing*
5. Physics
6. Solver Settings



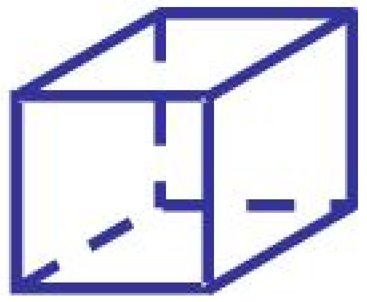
Triangle



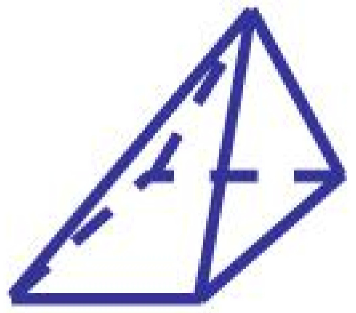
Quadrilateral



Tetrahedron



Hexahedron



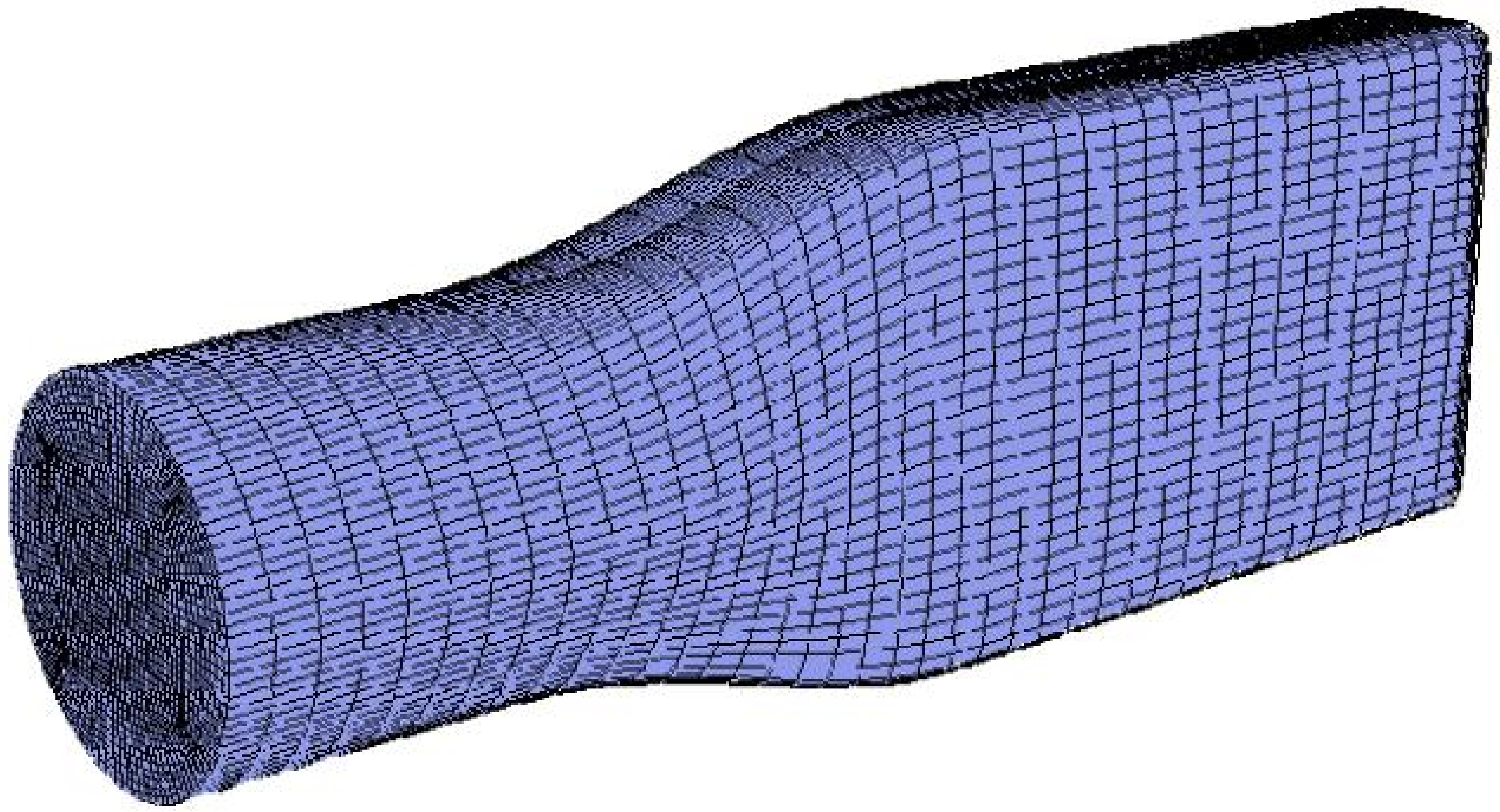
Pyramid

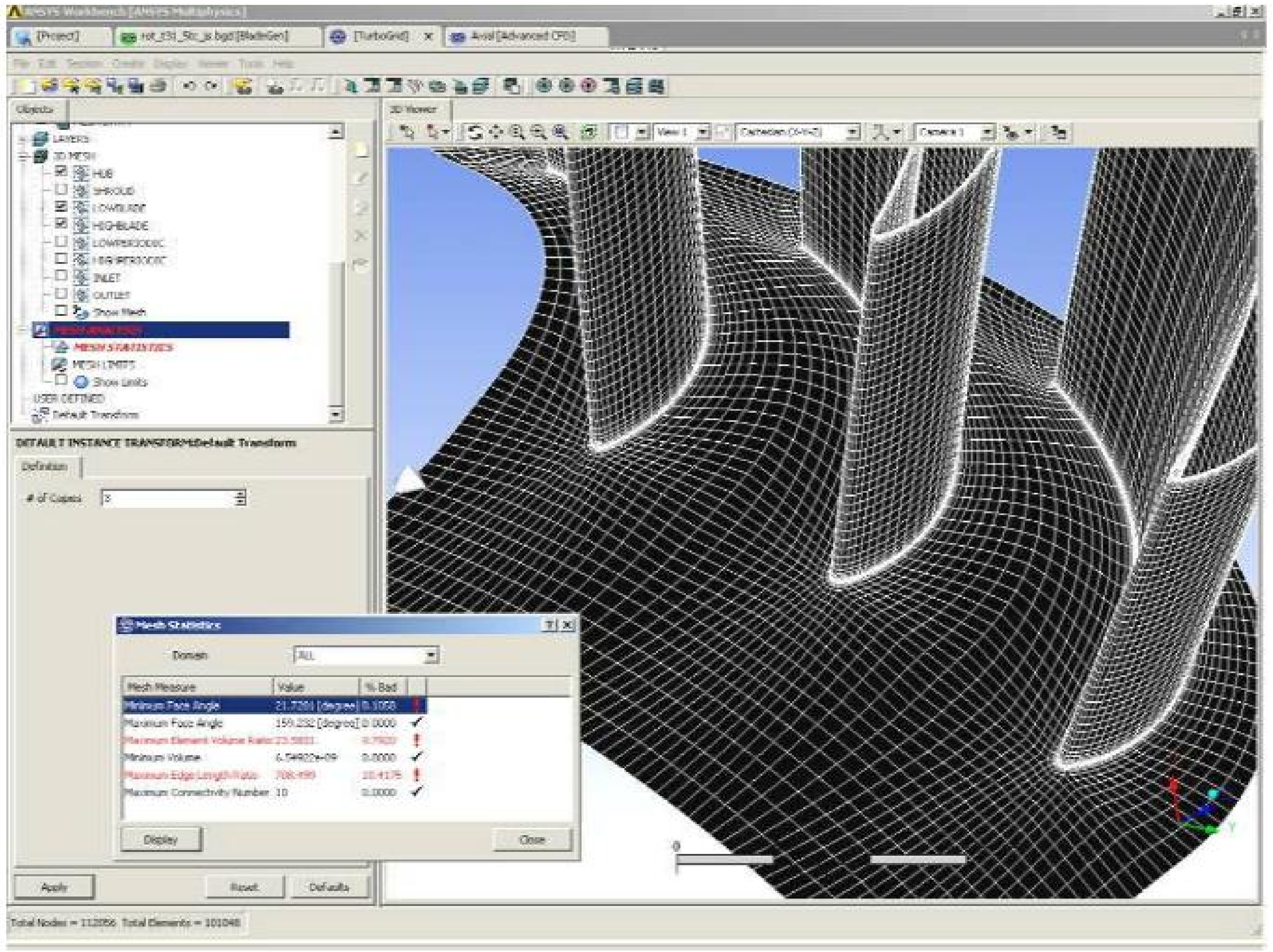
Prism/Wedge

- ■计算域的各个部分都需要哪种程度的网格密度？
  - 网格必须能捕捉感兴趣的几何特征，以及关心变量的梯度，如速度梯度、压力梯度、温度梯度等。
  - 你能估计出大梯度的位置吗？
  - 你需要使用自适应网格来捕捉大梯度吗？
- ■哪种类型的网格是最合适的？
  - 几何的复杂度如何？
  - 你能使用四边形/六面体网格，或者三角形/四面体网格是否足够合适？
  - 需要使用非一致边界条件吗？
- ■你有足够的计算机资源吗？
  - 需要多少个单元/节点？
  - 需要使用多少个物理模型？

四边形/六面体还是三角形/四面体网格

- 对沿着结构方向的流动，四边形/六面体网格和三角形/四面体网格相比，能用更少的单元/节点获得高精度的结果
  - 当网格和流动方向一致，四边形/六面体网格能减少数值扩散
  - 在创建网格阶段，四边形/六面体网格需要花费更多人力





A Pera Global Company © PERA China

四边形/六面体还是三角形/四面体网格

■对复杂几何，四边形/六面体网格没有数值优势，你可以使用三角形/四面体网格或混合网格来节省划分网格的工作量

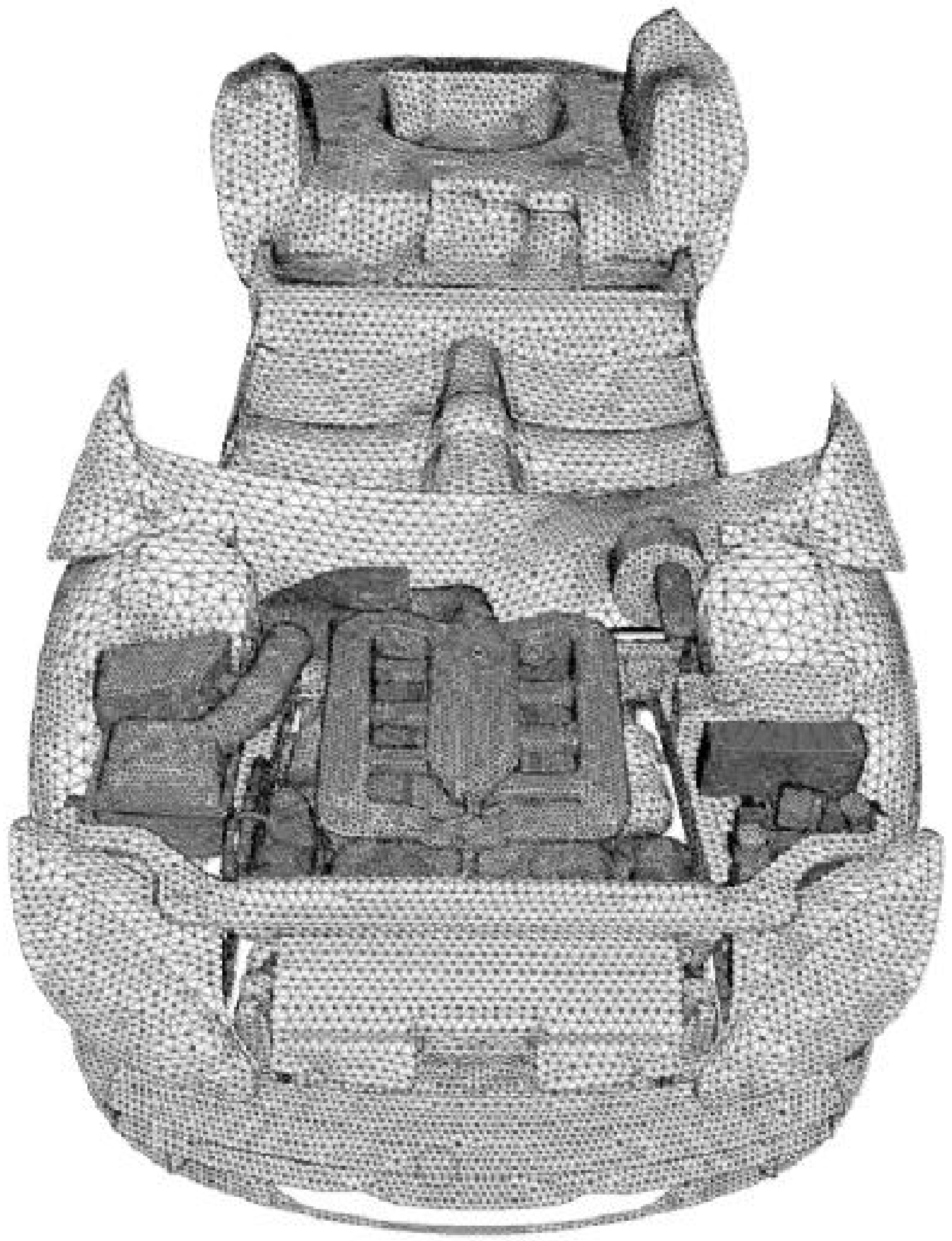
– 生成网格快速

– 流动一般不沿着网格方向

■混合网格一般使用三角形/四面体网格，并在特定的域里使用其他类型的单元

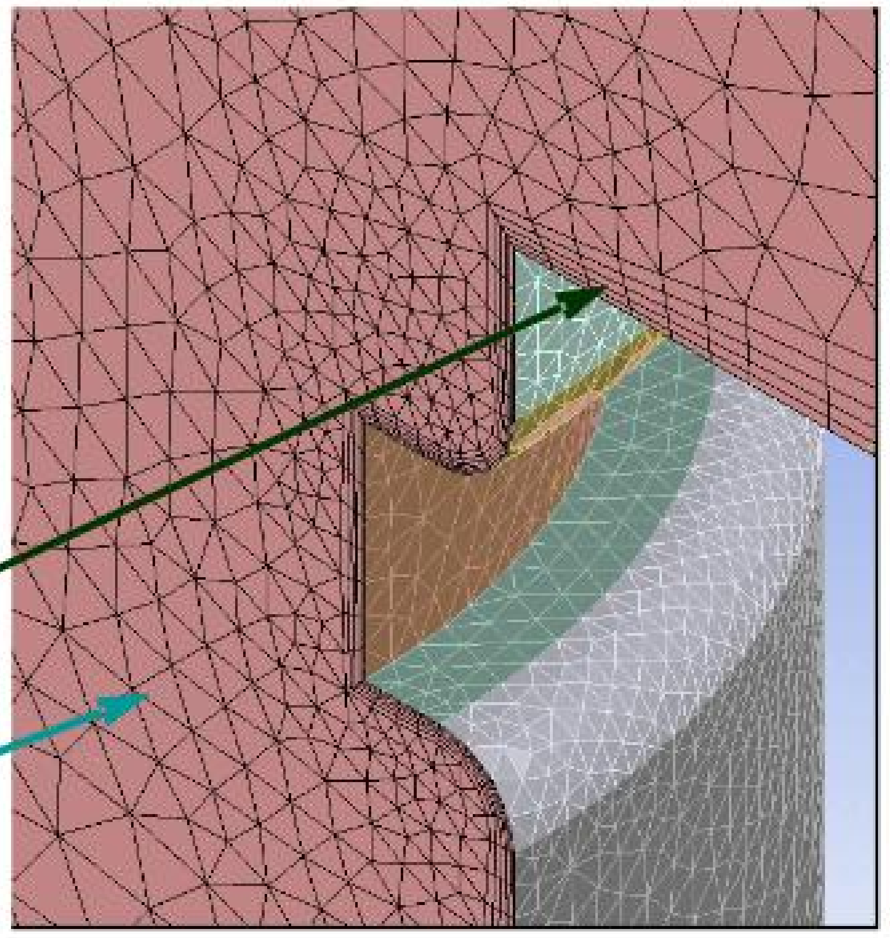
– 例如，用棱柱型网格捕捉边界层

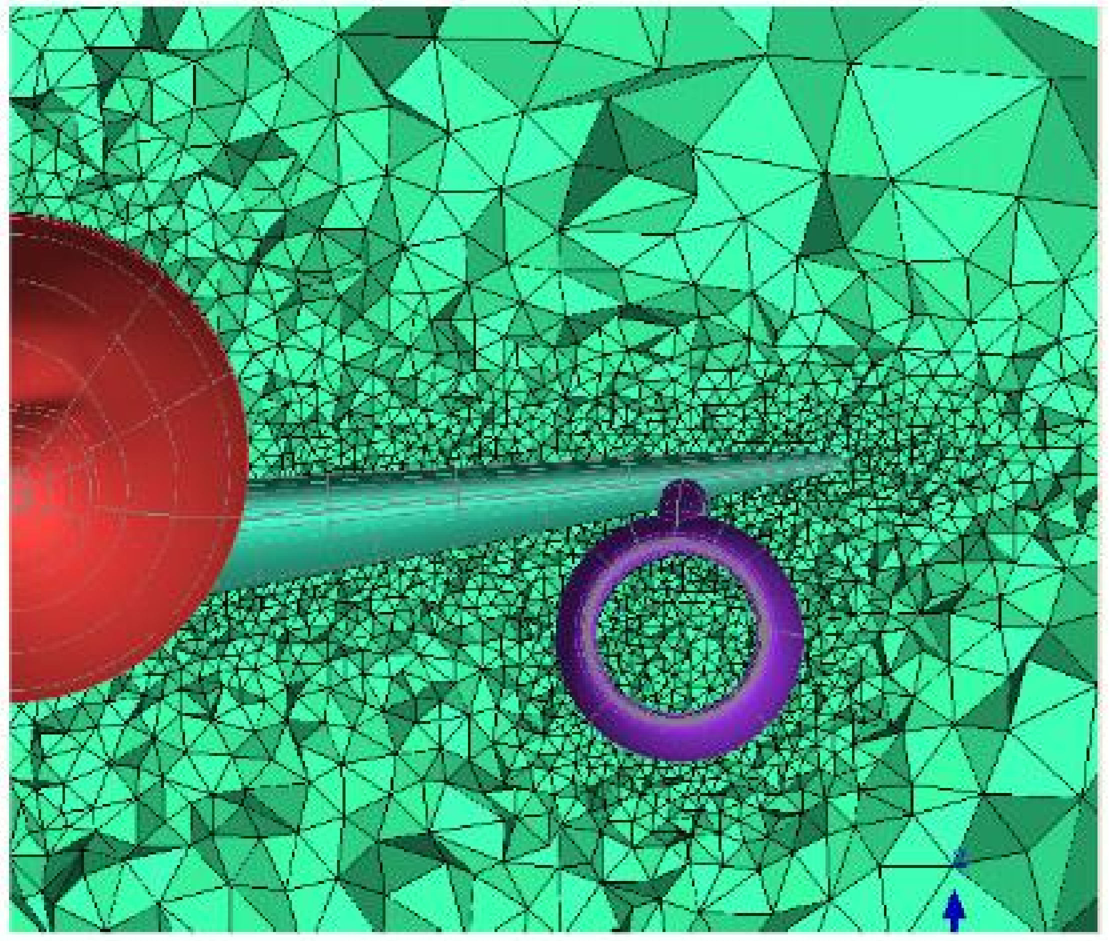
– 比单独使用三角形/四面体网格更有效



Wedge (prism) mesh

Tetrahedral mesh

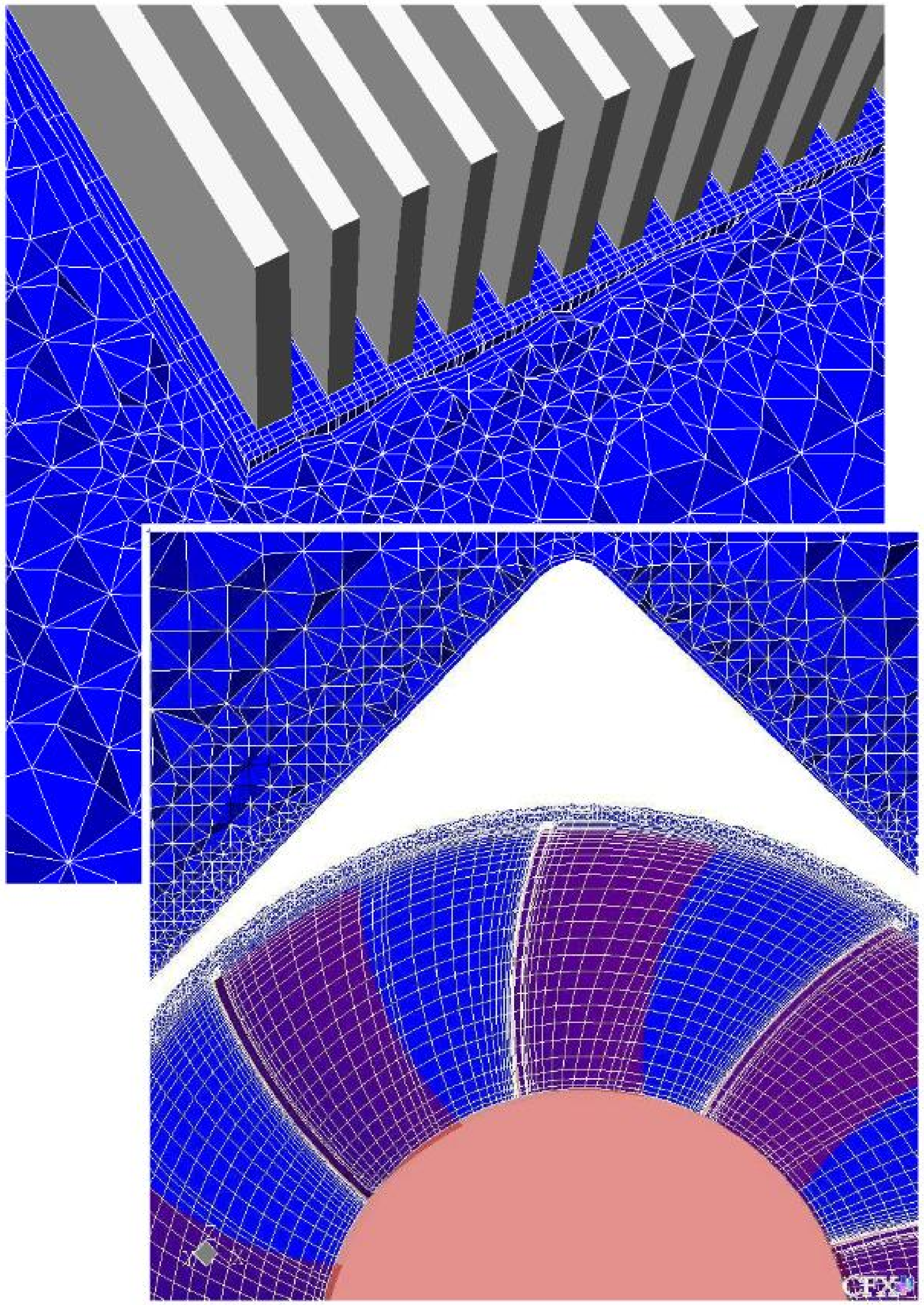




多域（或混合）网格

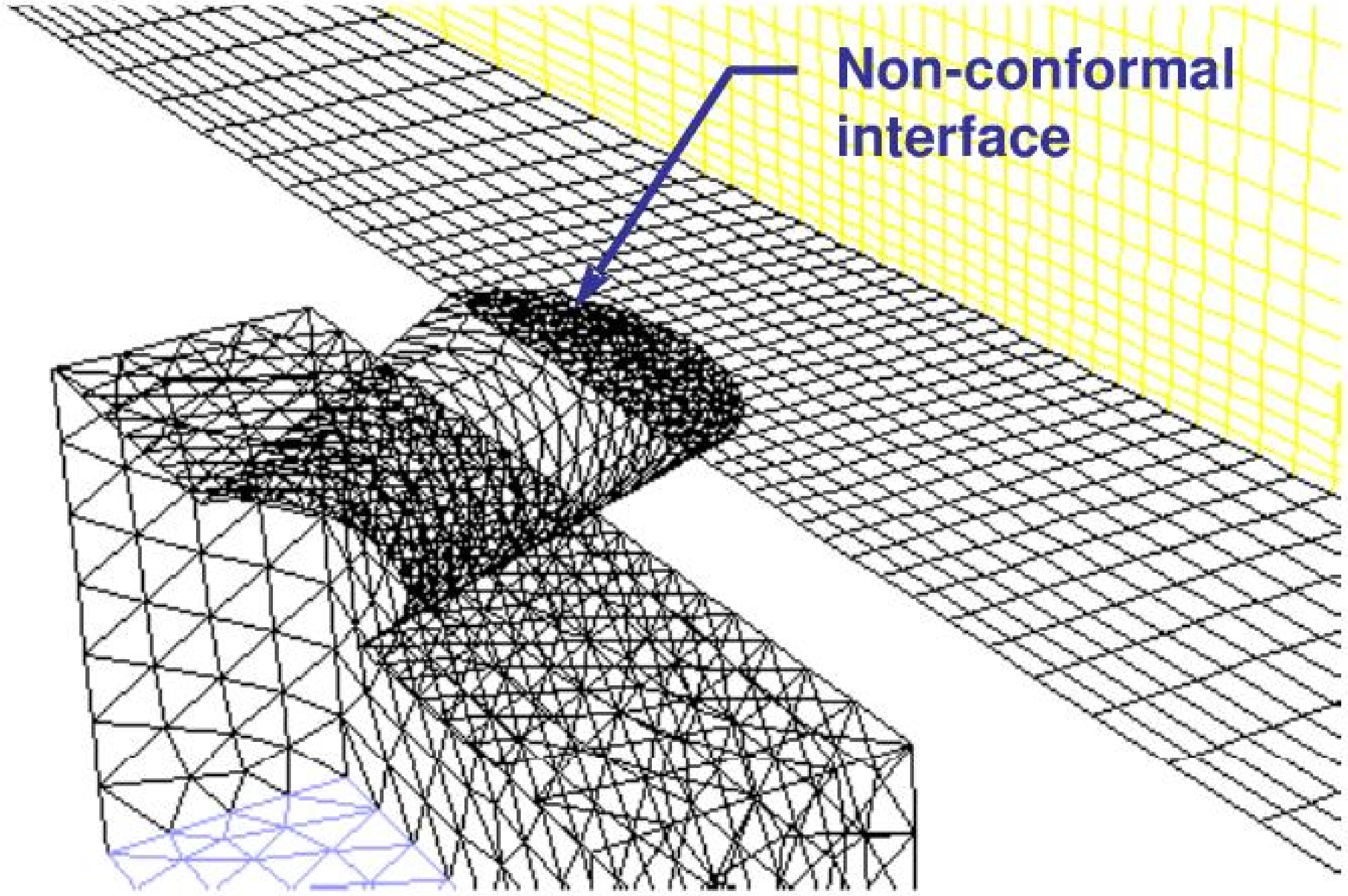
- ■多域或混合网格在不同的域使用不同的网格类型，例如
  - – 在风扇和热源处使用六面体网格
  - – 在其他地方使用四面体/棱柱体网格
- ■多域网格是求解精度、计算效率和生成网格工作量之间的很好的平衡手段
- ■当不同域直接的网格节点不一致时，需要使用非一致网格技术。

Model courtesy of ROI Engineering

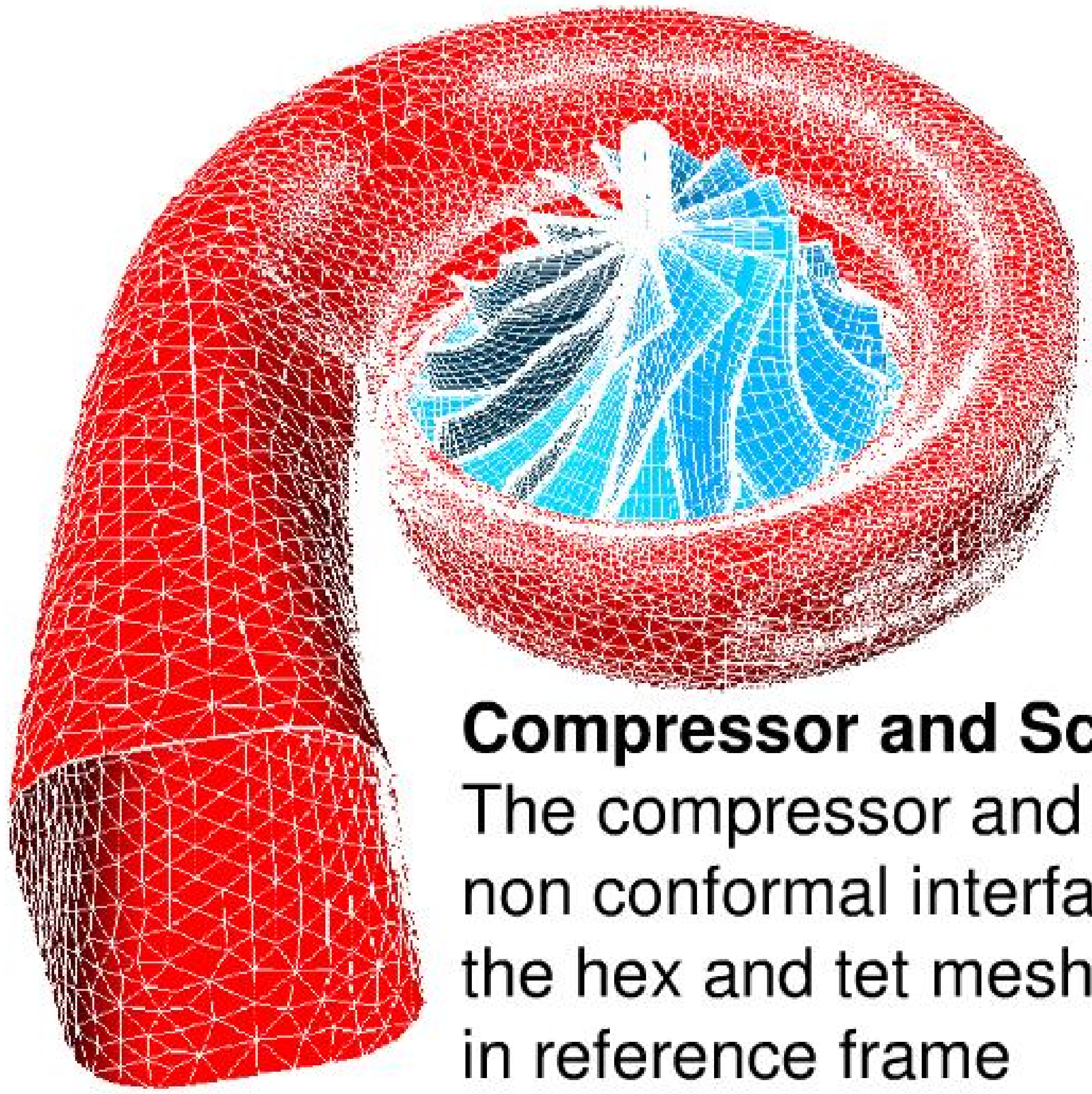


非一致网格

- ■对复杂几何体，非一致网格很有用
  - – 分别划分每一个域，然后粘接
- ■在其他情况下，也使用非一致网格界面技术
  - – 不同坐标系之间
  - – 移动网格



3D Film Cooling
Coolant is injected into a duct from a plenum. The plenum is meshed with tetrahedral cells while the duct is meshed with hexahedral cells



Compressor and Scroll
The compressor and scroll are joined through a non conformal interface. This serves to connect the hex and tet meshes and also allows a change in reference frame

设置物理问题和求解器

Pre-Processing

3. **Geometry**
4. **Mesh**
5. ***Physics***
6. ***Solver Settings***

For complex problems solving a simplified or 2D problem will provide valuable experience with the models and solver settings for your problem in a short amount of time.

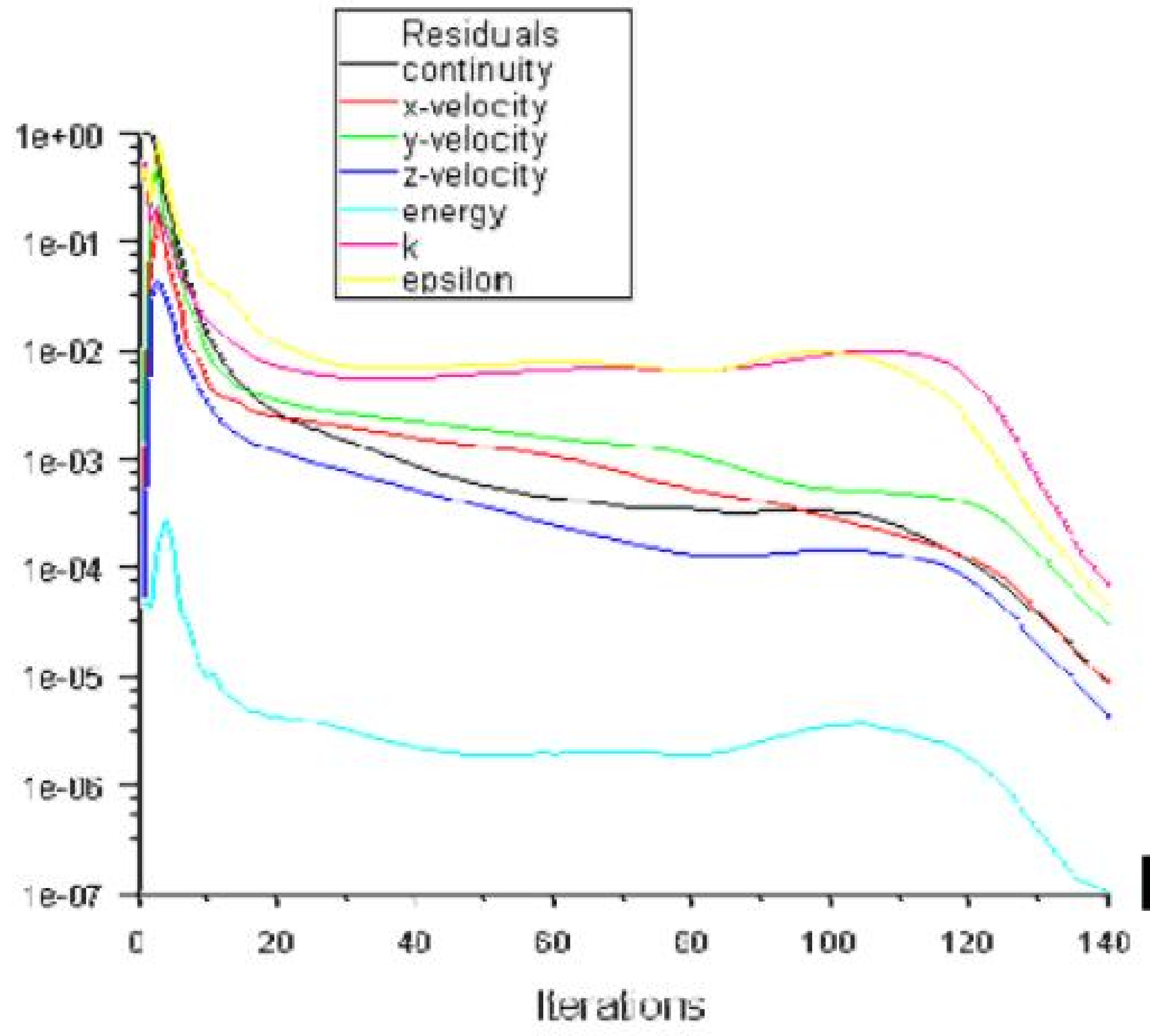
■对给定的问题，你需要

- 定义材料属性
  - 流体
  - 固体
  - 混合物
- 选择合适的物理模型
  - 湍流，燃烧，多相流等。
- 指定操作条件
- 指定边界条件
- 提供初始值
- 设置求解器控制参数
- 设置监测收敛参数

求解

Solve

7. Compute solution



A converged and mesh-independent solution on a well-posed problem will provide useful engineering results!

■通过迭代求解这些离散的守恒方程直至收敛

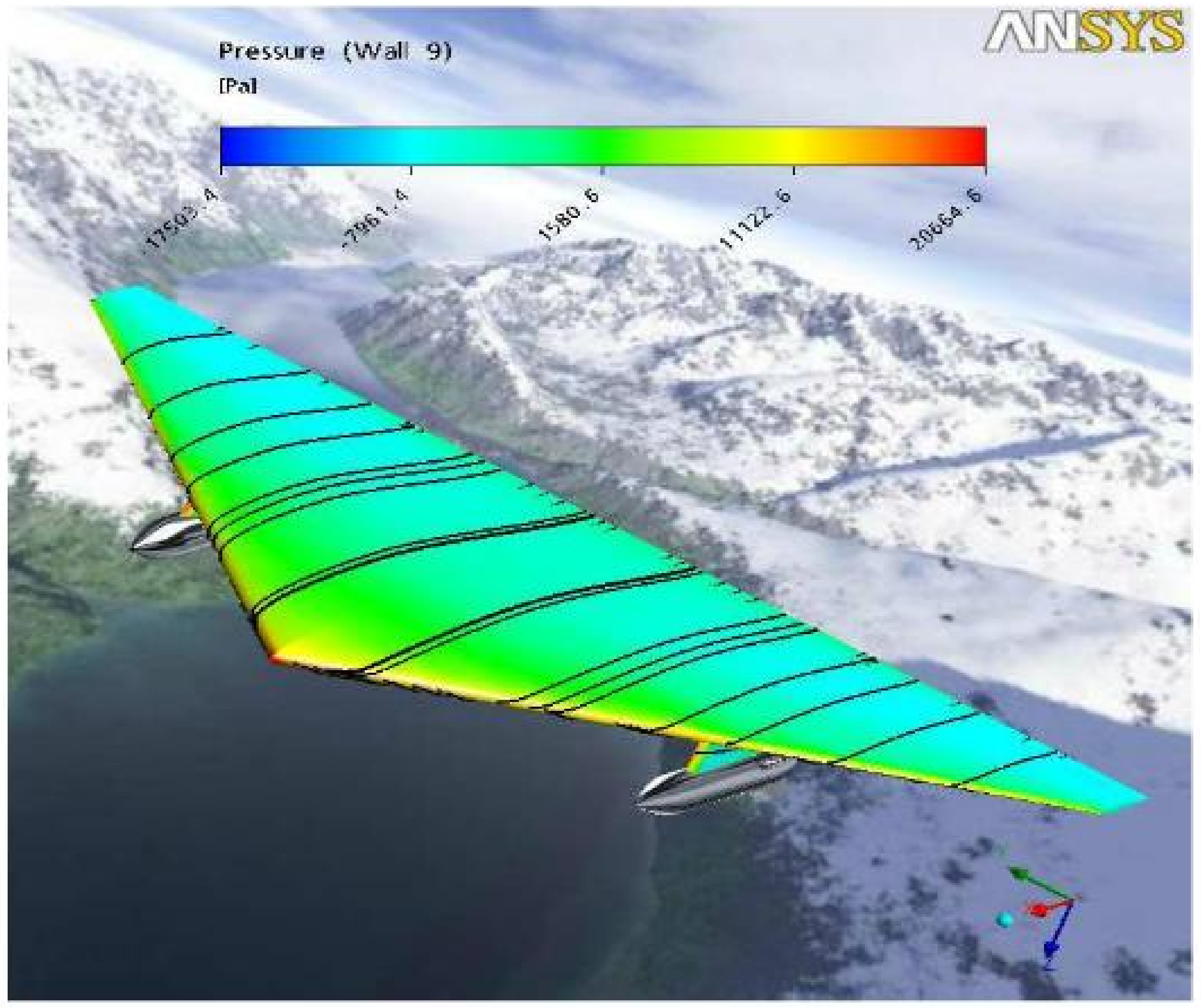
■以下情况达到收敛：

- 两次迭代的流场结果差异小到可以忽略
  - 监测残差趋势能帮助理解这个差异
- 达到全局守恒
  - 全局量的平衡
- 感兴趣的量（如阻力、压降）达到稳定值
  - 监测感兴趣量的变化.

■收敛解的精度和以下因素有关：

- 合适的物理模型，模型的精度
- 网格密度，网格无关性
- 数值误差

查看结果



Examine results to ensure property conservation and correct physical behavior. High residuals may be caused by just a few poor quality cells.

■查看结果，抽取有用的数据

– 使用可视化的工具能回答以下问题:
  - 什么是全局的流动类型？
  - 是否有分离？
  - 激波、剪切层等在哪儿出现？
  - 关键的流动特征是否捕捉住了？

– 数值报告工具能给出以下量化结果:
  - 力、动量
  - 平均换热系数
  - 面积分、体积分量
  - 通量平衡

修订模型

- ■这些物理模型是否合适?
  - 流动是湍流的吗?
  - 流动是非稳态的吗?
  - 是否有压缩性效应?
  - 是否有三维效应?
- ■这些边界条件是否合适?
  - 计算域是否足够大?
  - 边界条件是否合适?
  - 边界值是否是合理的?
- ■网格是否是足够的?
  - 加密网格能否提高精度?
  - 网格是否有无关性?
  - 是否需要提高网格捕捉几何的细节

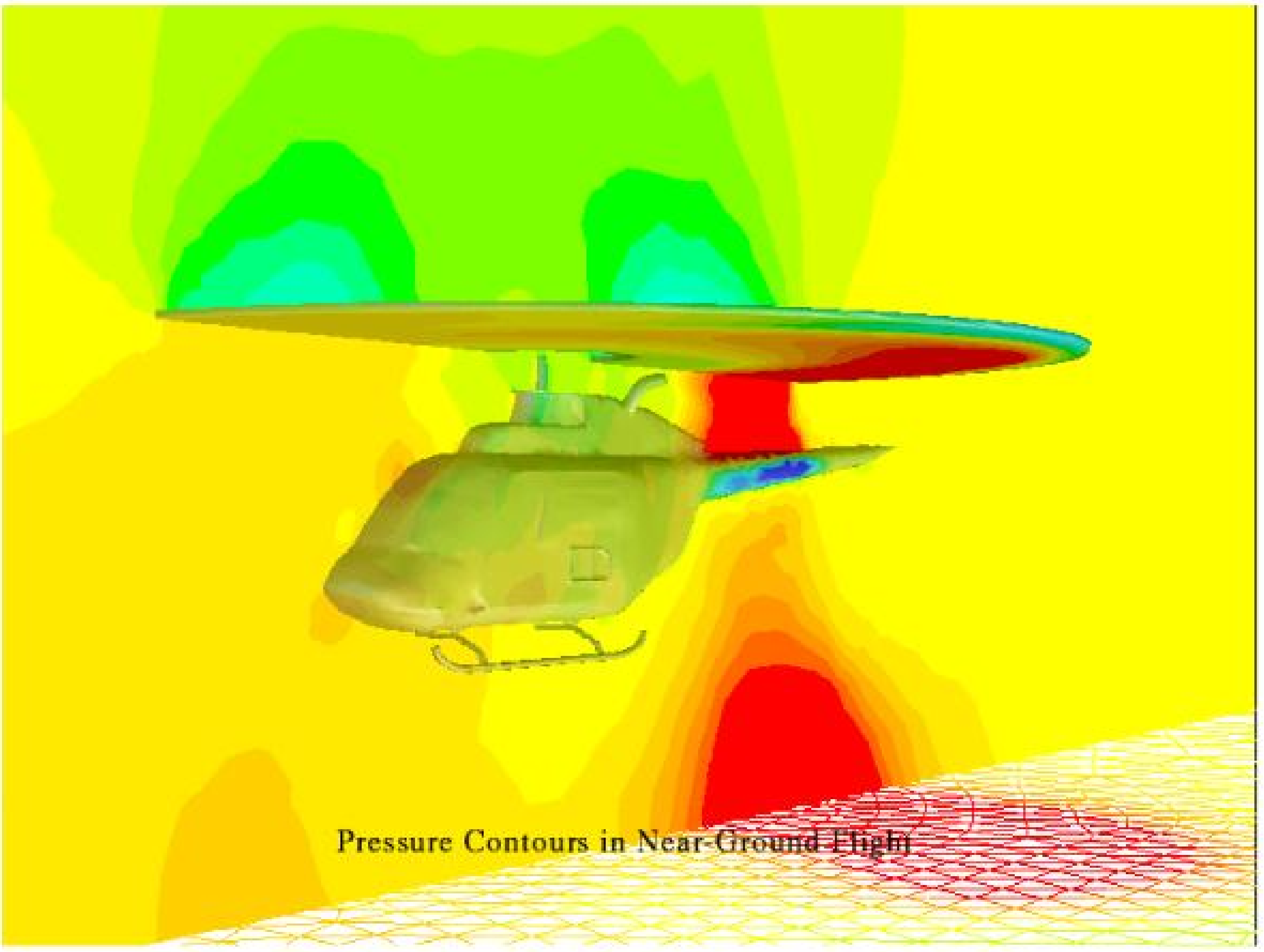
FLUENT 中的物理模型

■流动和传热
- 动量、质量、能量方程
- 辐射

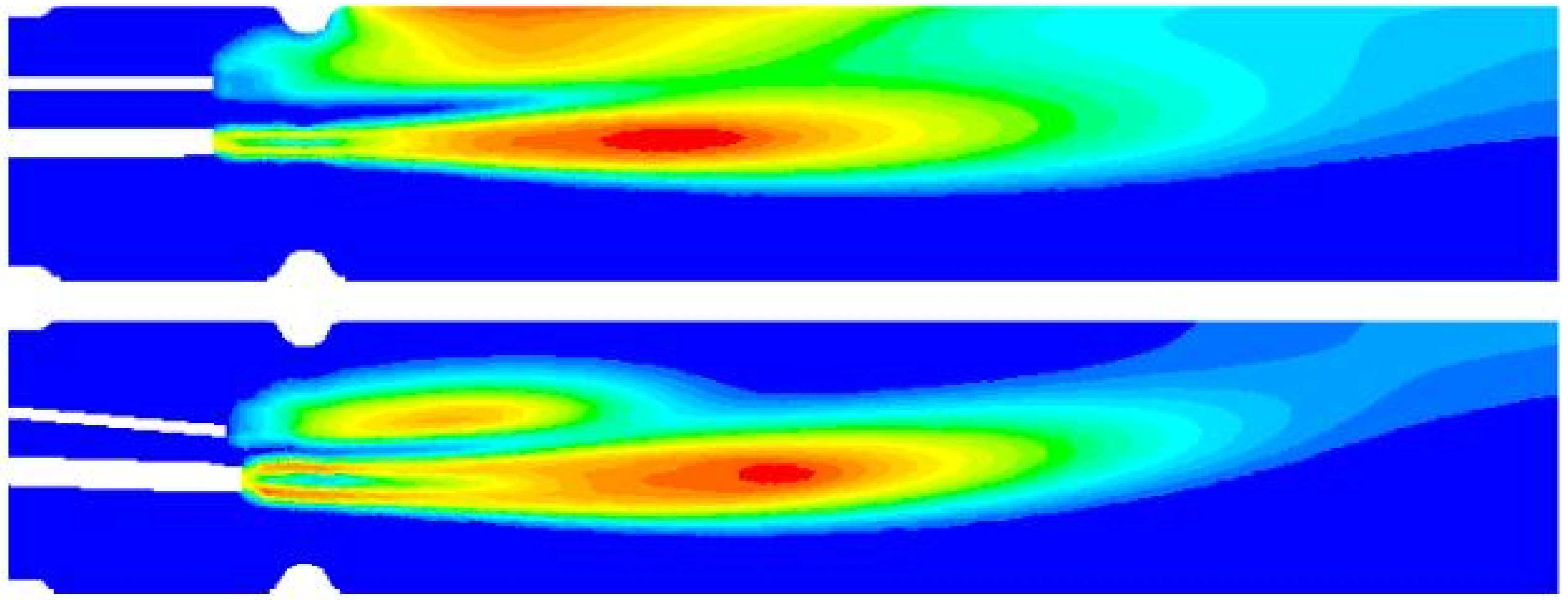
■湍流
- 雷诺平均模型 (Spalart-Allmaras, k–ε, k–ω, 雷诺应力模型)
- 大涡模拟 (LES) 和分离涡模拟 (DES)

■组分输运

■体积反应
- Arrhenius 有限速率化学反应
- 湍流快速化学反应
  - 涡耗散, 非预混, 预混， 局部预混
- 湍流有限速率反应
  - EDC, laminar flamelet, composition PDF transport
- 表面化学反应

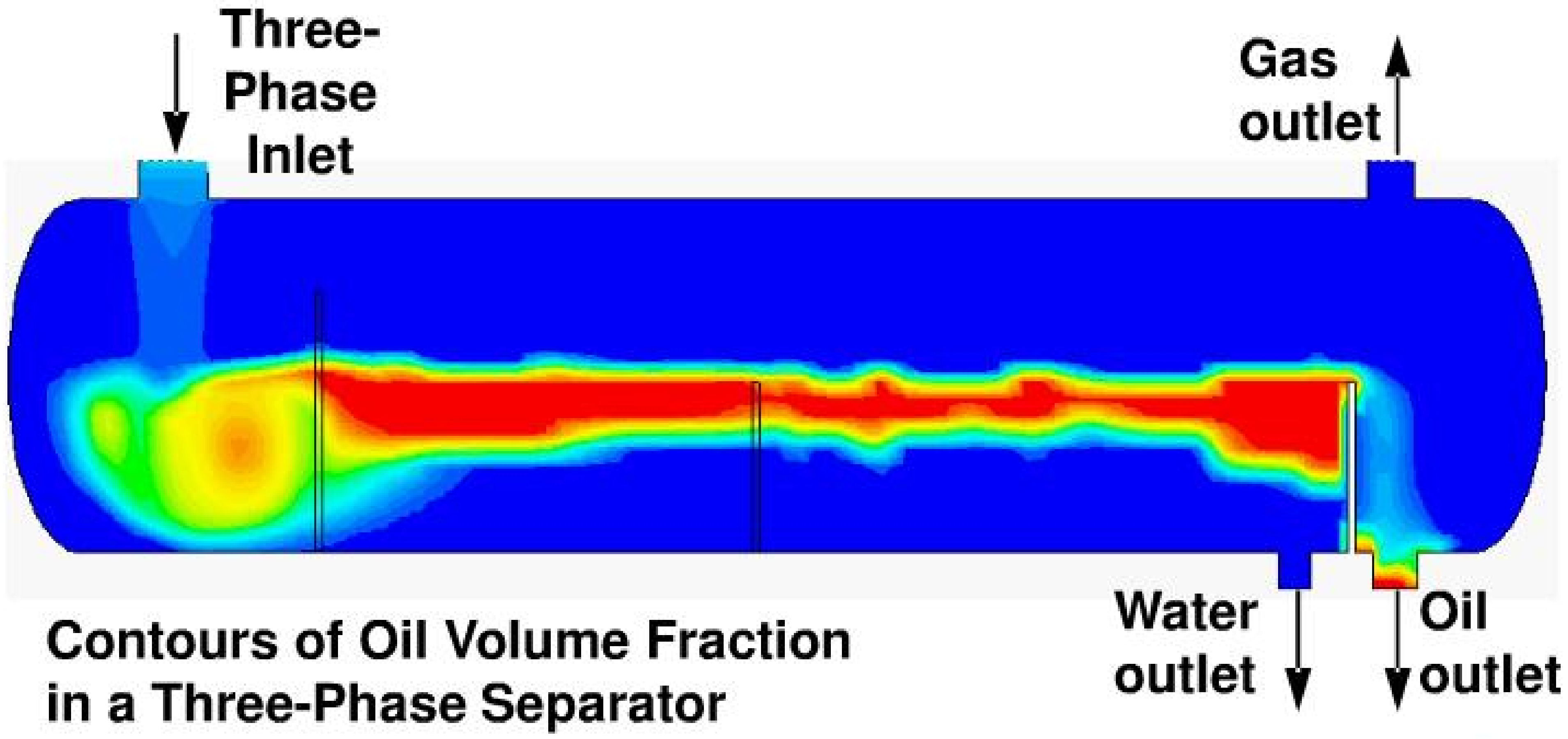


Pressure Contours in Near-Ground Flight

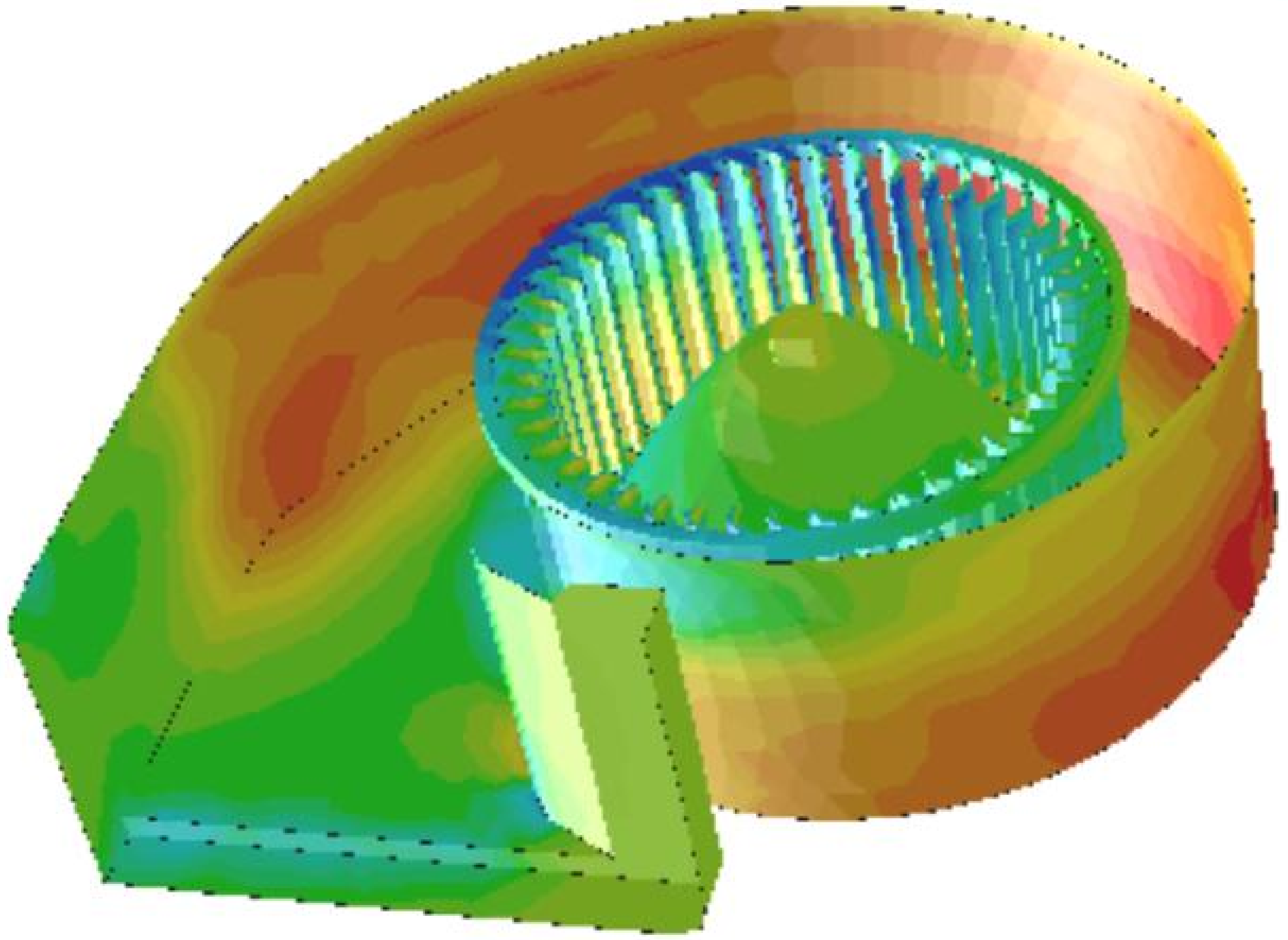

Temperature Contours for Kiln Burner Retrofit

FLUENT 中的物理模型

- ■多相流模型
  - – 离散相模型 (DPM)
  - – VOF
  - – Mixtures
  - – Eulerian-Eulerian and Eulerian-granular
  - – Liquid/Solid and cavitation phase change
- ■动网格
  - – Moving zones
    - • Single and multiple reference frames (MRF)
    - • Mixing plane model
    - • Sliding mesh model
  - – Moving and deforming (dynamic) mesh (MDM)
- ■用户定义标量输运方程



Contours of Oil Volume Fraction in a Three-Phase Separator

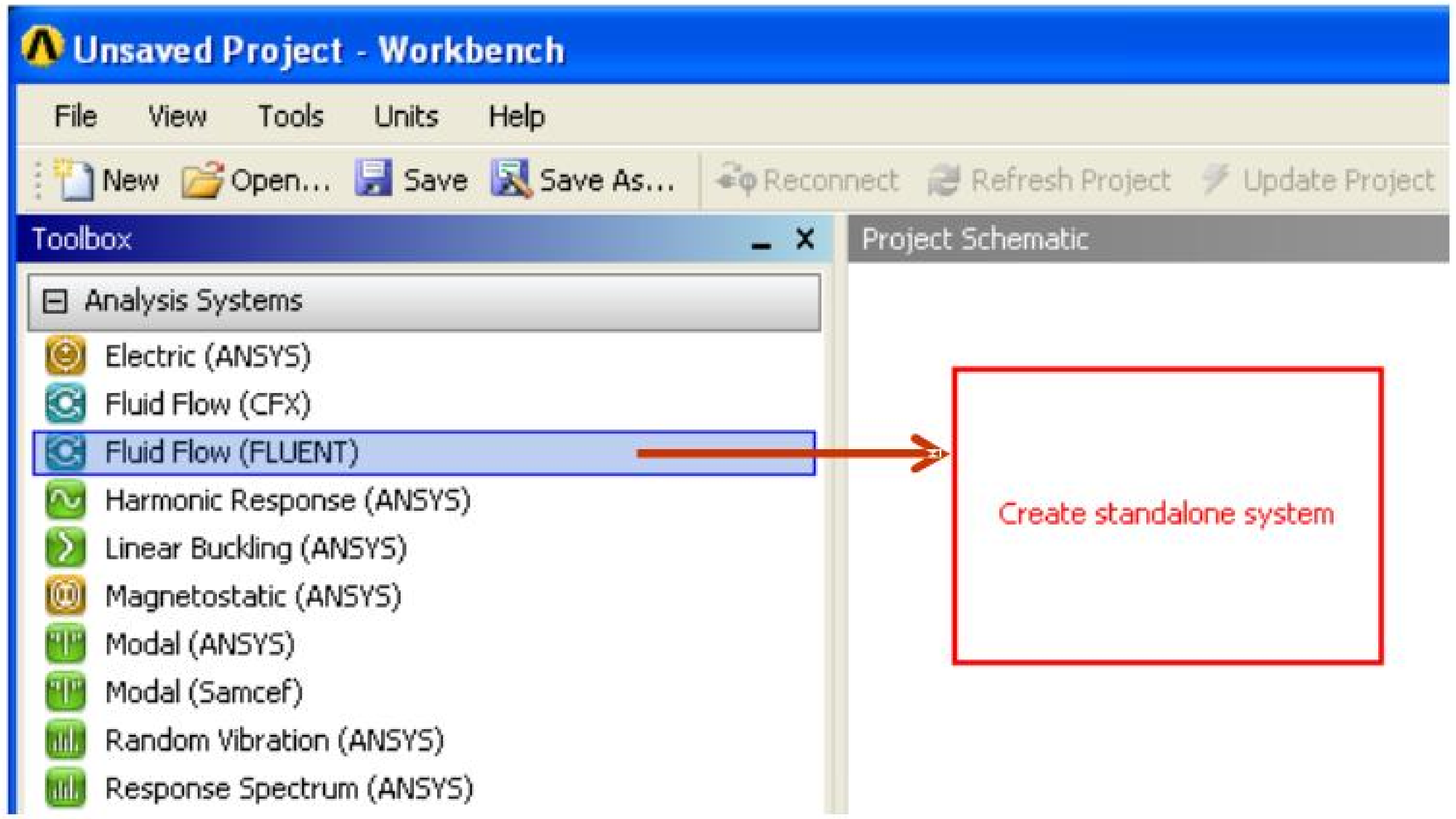


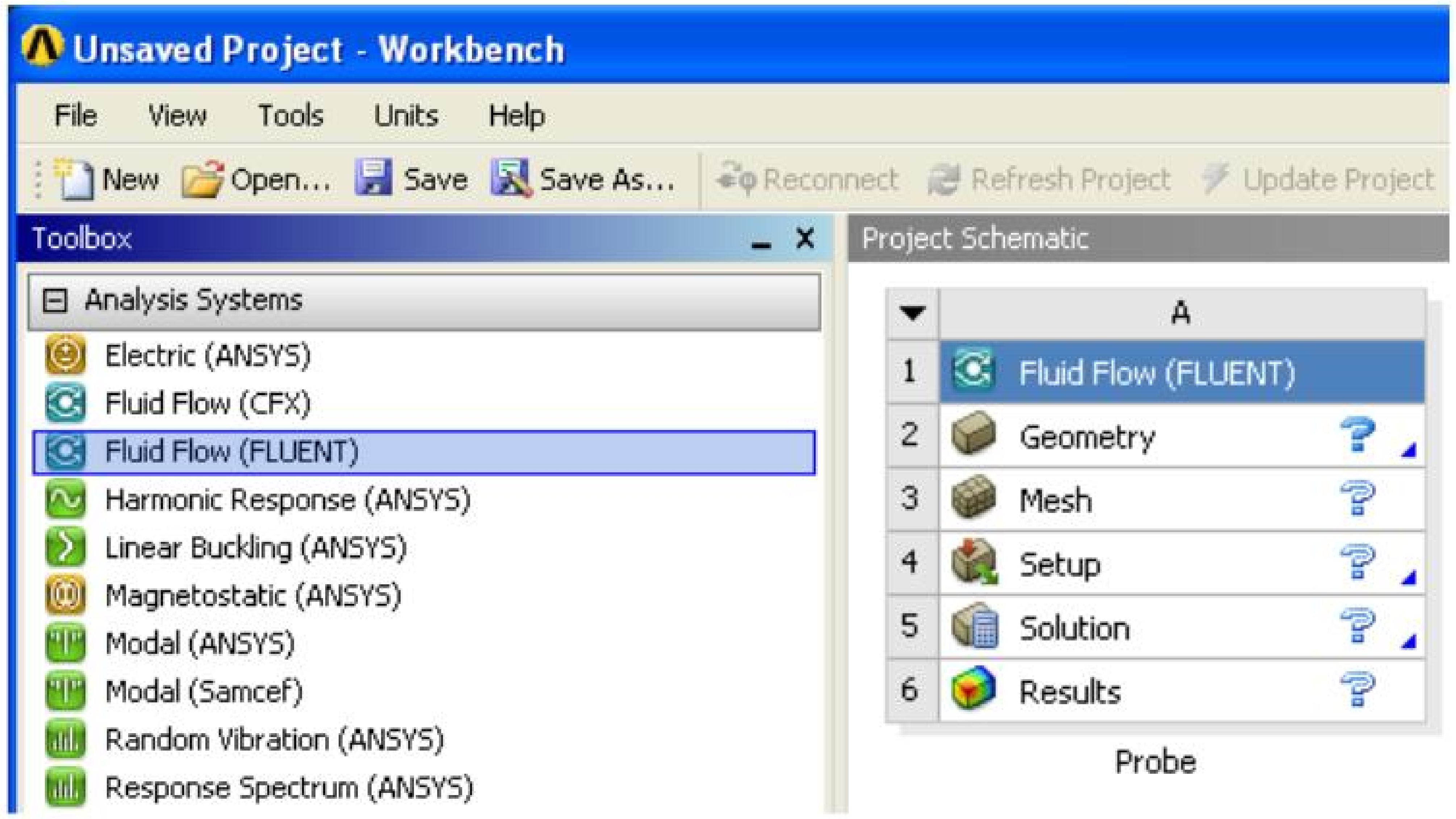
Pressure Contours in a Squirrel Cage Blower (Courtesy Ford Motor Co.)

Workbench 2 中的FLUENT CFD

■启动ANSYS Workbench

■在工具栏中拖动Fluid Flow (FLUENT) 到项目栏里



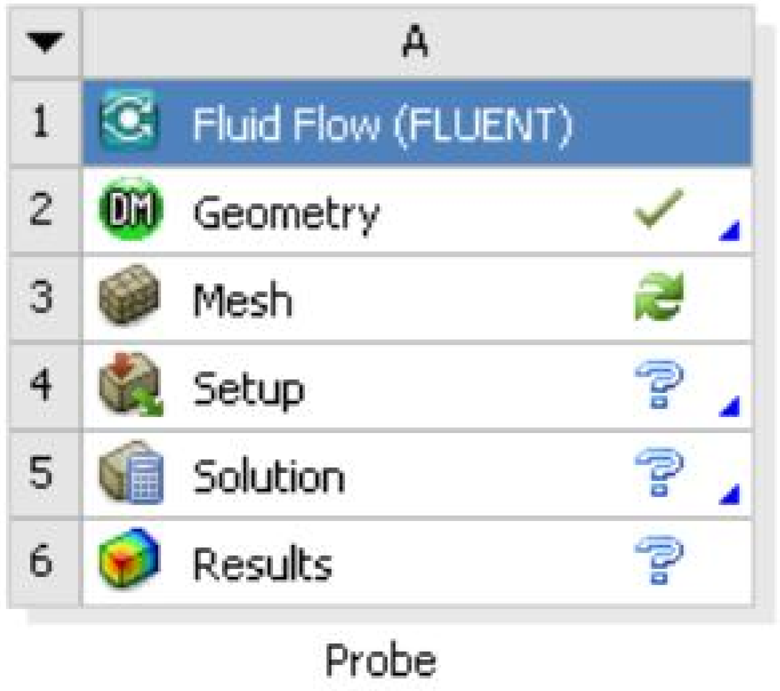


读入几何

■右键点击 Geometry cell A2 然后选择 Import Geometry

■读入几何文件 (CAD 模型或者 DesignModeler .agdb 文件)

■你也可以把 FLUENT 和已经存在的 DesignModeler 进程连接起来

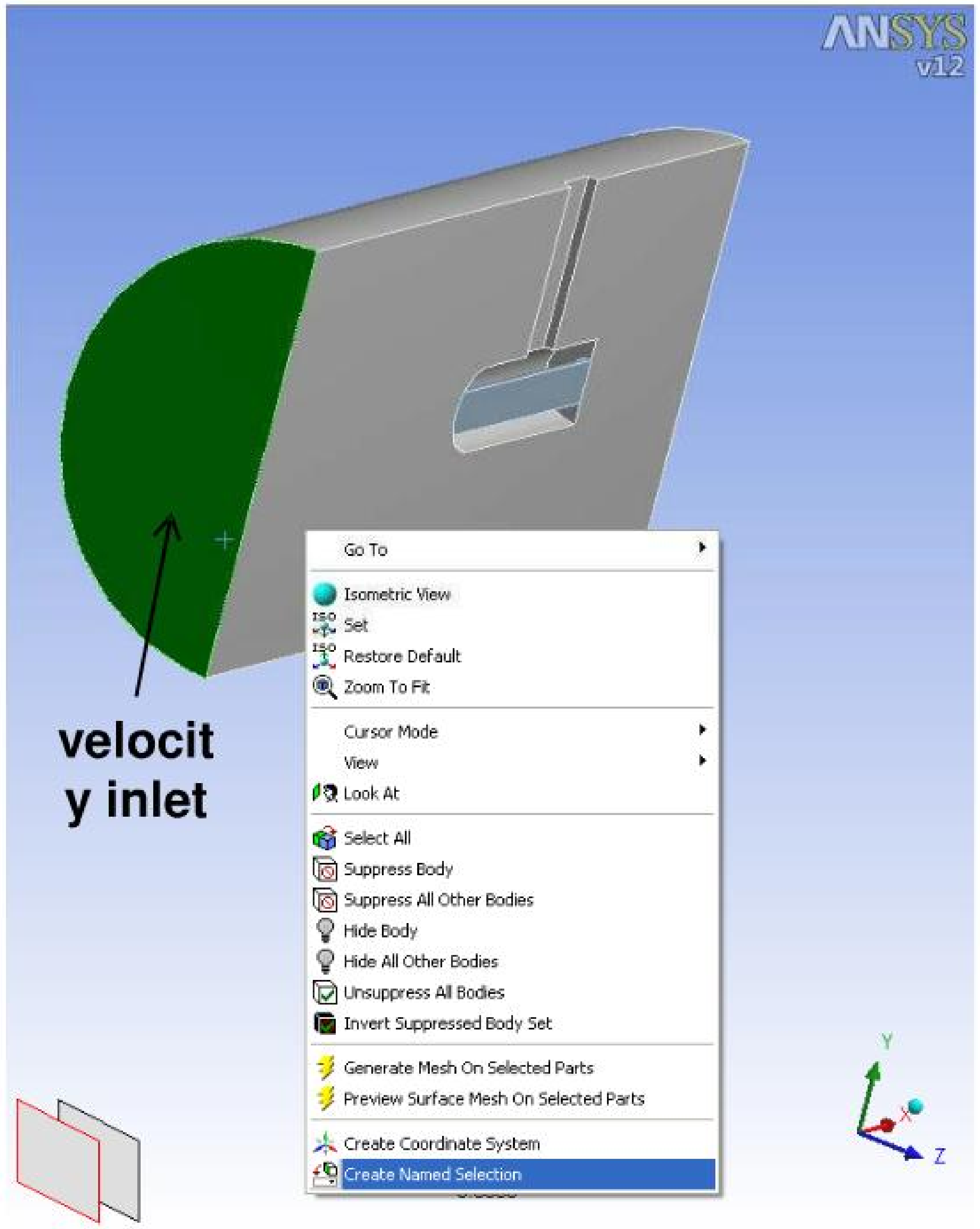


生成网格

- 右键点击 Mesh cell 然后选择 Edit.
  - Meshing 工具打开，并读入几何
- 选择Mesh
  - 注意因为网格是从FLUENT中打开的，所以默认优先选择的是 FLUENT

定义边界和域

- 使用 Named selections定义边界名字
  - 选择你想指定名字的面
  - 右键选择
    Create Named Selection.
  - 键入名字然后点击 OK.



- 有时你需要指定流体域和固体域
  - 固体用来计算共轭传热

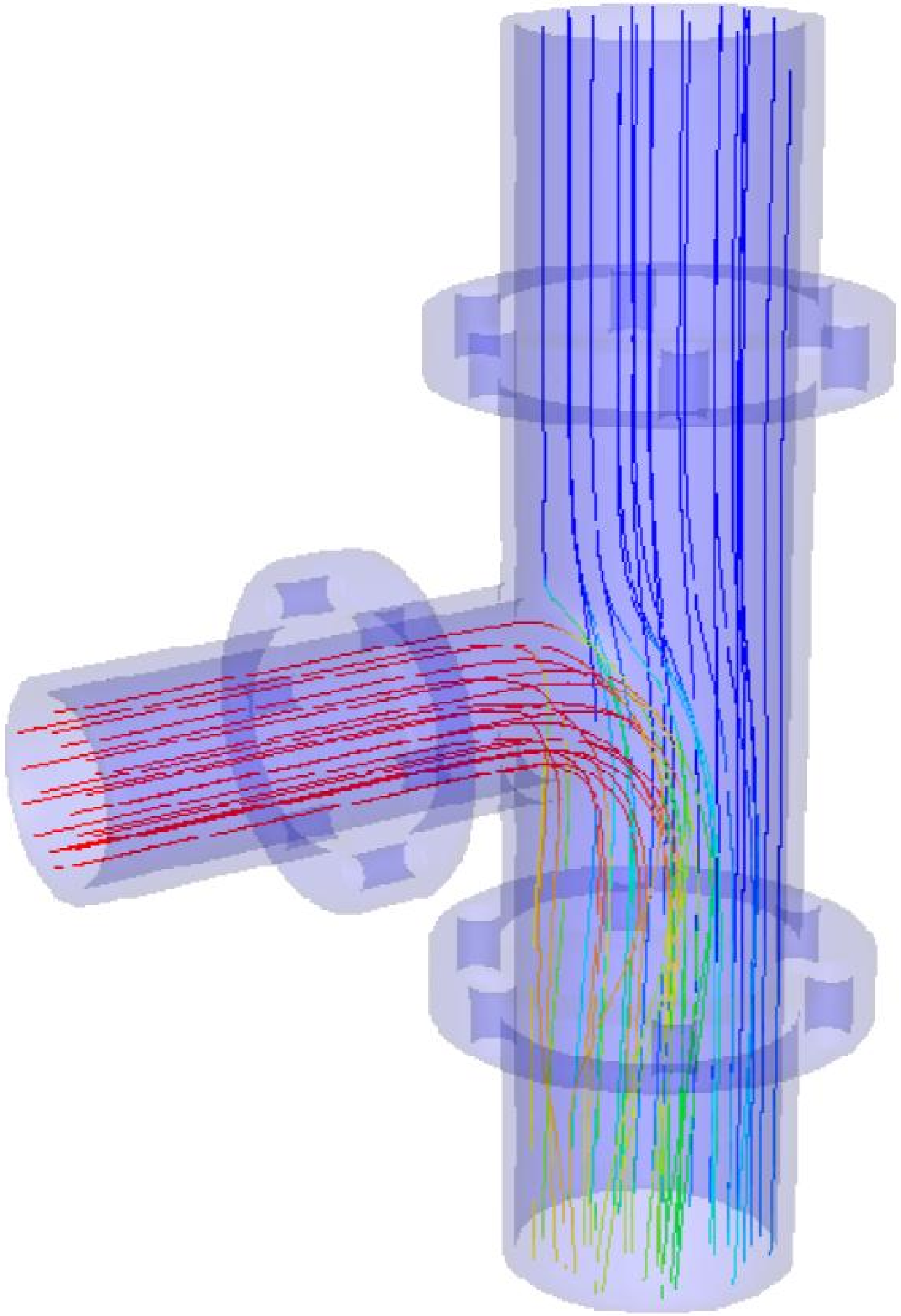
设置并运行 FLUENT

- ■编辑 Setup cell 来设置物理问题
  - – 边界条件
  - – 求解器设置
  - – 求解
  - – 后处理

- ■求解结束后，结果可以在FLUENT中的post里查看，或者输出到 CFD-Post 中查看
  - – 等值线、矢量图
  - – 分布图
  - – 计算力和力矩
  - – 非稳态结果的动画

■启动 FLUENT （假设网格已经生成好了）

- 设置一个简单的问题
- 求解流体流动
- 后处理结果



谢谢

www.peraglobal.com.cn

A Pera Global Company © PERA China